

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-208220

(43)Date of publication of application : 16.09.1986

(51)Int.Cl.

H01L 21/30
G03F 9/00

(21)Application number : 60-050001

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 13.03.1985

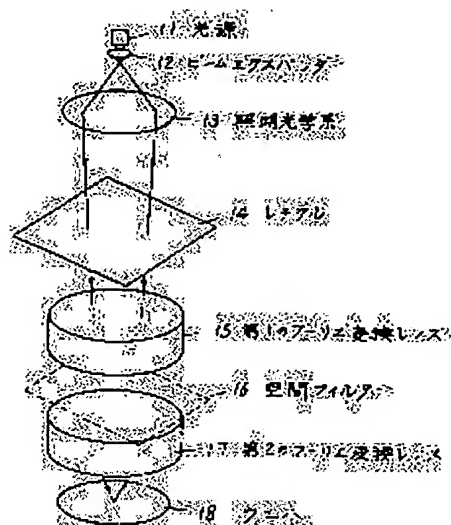
(72)Inventor : NOMURA NOBORU
YAMASHITA KAZUHIRO
MATSUMURA RYUKICHI
YAMAGUCHI MIDORI

(54) EXPOSURE APPARATUS AND POSITIONING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect and correct possible unsymmetry of a lattice by positioning the pattern of a reticle on a wafer with high precision, through the medium of interference fringes, and further estimating the shape of the lattice formed on the wafer.

CONSTITUTION: Light emitted from a light source 11 is enlarged with a beam expander 12, converted to parallel rays or converged rays by passing an illuminating-optical system 13 composed of collimator lenses or condenser lenses, and enters the entrance pupil of the first lense system 15. A reticle 14 is set between the light source optical system 13 and the first fourier transformation lense 15. The image coming out of the pattern of the reticle 14 serving as the second light source is once converged with the first fourier transformation lense 15, and further projected to a wafer 18 through the second fourier transformation lense 17. The pattern formed on the reticle 14 forms interference fringes on the wafer surface 17 by filtering on the spectrum plane.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報(A)

昭61-208220

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑰ 公開 昭和61年(1986)9月16日

H 01 L 21/30
G 03 F 9/00Z-7376-5F
7124-2H

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

⑱ 発明の名称 露光装置及び位置合わせ方法

⑲ 特 願 昭60-50001

⑳ 出 願 昭60(1985)3月13日

㉑ 発 明 者	野 村	登	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉒ 発 明 者	山 下	一 博	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉓ 発 明 者	松 村	隆 吉	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉔ 発 明 者	山 口	緑	門真市大字門真1006番地	松下電器産業株式会社内
㉕ 出 願 人	松下電器産業株式会社			門真市大字門真1006番地
㉖ 代 理 人	弁理士 中尾 敏男			外1名

明 細 書

1、発明の名称

露光装置及び位置合わせ方法

2、特許請求の範囲

(1) 光源、照明光学系、レチクル、第1のレンズ系、空間フィルター、第2のレンズ系、基板および基板を保持するステージ、光検出器からなる露光装置のレチクル面上に、第1の格子が形成されており、前記光源から出た光束を照明光学系を通して前記レチクル面上に入射させて、前記光束を前記第1の格子により波面分割して、前記第1のレンズ系に導びくとともに、前記第1のレンズ系のスペクトル面付近に設けた所定の空間フィルターによって所定のスペクトルを選択的に透過せしめて該スペクトルを前記第2のレンズ系に導びき、前記第2のレンズ系を通過した光束を用いて生成した干渉縞を前記基板上に投影し、前記基板上に設けた前記干渉縞に対して整数倍のピッチを持つ第2の格子と前記干渉縞との間の位置合わせを、前記第2の格子から回折される複数の回折光の光

強度を前記光検出器で測定することによって行うことを特徴とする露光装置。

(2) 光源、照明光学系、レチクル、第1のレンズ系、空間フィルター、第2のレンズ系、基板および基板を保持するステージ、前記レチクル近傍に配置した第1の光検出器、前記基板の近傍に配置した第2の光検出器からなる露光装置の前記レチクル面上に、第1の格子が形成されており、前記光源から出た光束を照明光学系を通して前記レチクル面上に入射させて、前記光束を前記第1の格子により波面分割して、前記第1のレンズ系に導びくとともに、前記第1のレンズ系のスペクトル面付近に設けた所定の前記空間フィルターによって、所定のスペクトルを選択的に透過せしめて、前記スペクトルを第2のレンズ系に導びき、前記第2のレンズ系を通過した光束を用いて生成した第1の干渉縞を前記基板上に投影し、前記基板上には干渉縞に対して整数倍のピッチを持つ第2の格子を設け、2光束の一方のみを前記基板上に照射して回折された複数の回折光の光強度を測定し、

特開昭61-208220(2)

該光強度から前記基板上に設けた前記第2の格子の形状を推定し、次に前記2光束を同時に照明して前記第2の格子から回折される複数の回折光の光強度を前記光検出器で測定して得た位置情報を、前記格子形状をもとにして修正し、前記レチクルと基板上のパターンを位置合わせすることを特徴とする位置合わせ方法。

(9) 基板上に設けた干渉縞に対して整数倍のピッチを持つ第2の格子と前記干渉縞との間の位置合わせを、2光束の一方の光と他方の光を順次照射し、回折された複数の回折光の光強度を各々測定し、該光強度から前記基板上に設けた第2の格子の形状を推定して、レチクルとウエハ上のパターンを位置合わせすることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の位置合わせ方法。

3、発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、微細パターンを持つ転写特に1ミクロンもしくはそれ以下のサブミクロンのルールを持つ半導体装置等の露光装置及び位置合わせ方法に

の回折光は、フォトマスクでの回折次数とウエハでの回折次数の二重表示で表わすと、回折光0は(0, 1)、回折光1は(1, 1)、回折光2は(-1, 2)……で表わすことができる。この回折光をレンズにより一点に集め光強度を測定する。回折光は入射レーザービーム1に対して左右対称な位置に光強度を持ち、フォトマスク2とウエハ4との位置合わせには、左右に観察された回折光の強度を一致させることにより行なえる。この方法では位置合わせ精度は、数100Åとされている。しかし、この方法においては、フォトマスク2とウエハ4との位置合わせは、フォトマスク2とウエハ4との間隔Dに大きく影響されるため、間隔Dの精度を要求する。また、フォトマスク2とウエハ4を接近させ、間隔Dの精度を保持した状態で位置合わせする必要があり、装置が複雑となるため、実用上問題があった。

また、サブミクロン規則を持つ素子の位置合わせには、素子からの二次電子放出による観察による方法があるが、大気中での取り扱いができない

関するものである。

従来の技術

半導体装置は最近ますます高密度化され、各々の素子の微細パターンの寸法は、1ミクロン以下に及んでいる。従来からのLSI製造時のフォトマスクとLSIウエハの位置合わせは、ウエハに設けた位置合わせマークを用いて、ウエハを磨削したステージの回転と2軸平行移動し、フォトマスク上のマークとウエハ上のマークを重ね合わせるによって行なっていたが、その位置合わせ精度は±0.3ミクロン程度であり、サブミクロンの素子を形成する場合には、合わせ精度が悪く実用にならない。また、S.オースチン(Applied physics Letters Vol 31 No 7 p. 428, 1977)らが示した干渉法を用いた位置合わせ方法では、第2図で示したように、入射レーザービーム1をフォトマスク2に入射させ、フォトマスク2上に形成した格子3で回折し、この回折した光をもう一度、ウエハ4上に形成した格子6によって回折することにより、回折光6, 7, 8……を得る。こ

のため、LSIを製造する上でのスループットが小さくなり実用上問題があった。

また、第3図に示した従来例(IEEE, trans on S.D ED-26, 4, 1974, 722, Gijss Bouwhuis)では、2枚の L_1, L_2 のレンズ系で示されたマイクロレンズのフーリエ変換面に、レーザービームを入射しレンズ L_2 を介してウエハ上に形成された格子に対してビームを照明し、空間フィルタ5で格子から回折される±1次光のみをレンズ系 L_2, L_1 を通してレチクルRに入射し、レチクルRの近傍において干渉縞を生成し、レチクルに設けた格子を通過する光を光検出器Dで検出して、ウエハWとレチクルRを位置合わせする構成が図示されている。第3図の構成においては、ウエハW上に形成した非対称の格子に対しては位置を補正することができないと述べられており、位置合わせマークの製造方法において、全ての工程やマークで実現不可能であり実用化するに取っていない。

発明が解決しようとする問題点

特開昭61-208220(3)

本発明はこのような従来からの問題に鑑み、微細パターンの位置合わせを大気中で、かつ、簡単な構成で行なえるLSIのレチクルとウェハの正確かつ容易な位置合わせ方法をらびにこれを可能とした露光装置を目的としている。

また、ウェハ上に形成した位置合わせ用の格子が非対象であっても、その非対象性を検知して修正できる機能を有する位置合わせ方法及びその機能を内蔵した露光装置を提供することを目的としている。

問題点を解決するための手段

本発明は、高精度な位置合わせを投影露光装置において実現するために、レチクル面上に形成された格子によって波面分割された光束のうち、第1レンズ系のスペクトル面で二つの回折光の対を空間フィルタによって通過させ、この2つの光束を第2のレンズ系に導き、二光束によって生成する干渉縞を基板の上に投影して、基板上に設けた第2の格子と前記干渉縞との間の位置合わせを第2の格子から回折される回折光の強度を光検

器でもよい。)をビームエクステンダ12により拡大し、この光を平行光束又は収束光に変換するためのコリメータレンズ又はコンデンサレンズで構成された照明光学系13によって第1のレンズ系15の入射側に對して入射する。

以下の説明では、本発明の原理を簡潔に述べるためにレチクルは平行光束によって照明され、第1及び第2のレンズ系は、フーリエ変換レンズとするが、必ずしもフーリエ変換レンズでなくてもよい。

照明光学系13と第1のフーリエ変換レンズ15との間にレチクル14が配置され、レチクル14のパターンを2次光源として出た線を第1のフーリエ変換レンズ15によって一旦集光し、さらに第2のフーリエ変換レンズ17を通してレチクル14上のパターンをウェハ(半導体基板)18上に投影する。第1のフーリエ変換レンズと第2のフーリエ変換レンズの焦点距離を等しくするとレチクル上のパターンが等倍に投影される。第1及び第2のフーリエ変換レンズの焦点距離を変化

出器で測定し、基板上に設けた格子から回折される各次数の回折光の強度を測定する。形成されている格子の形状は、各次数の回折光を合成することにより推定することができ、生成される干渉縞の位置と基板上に設けた格子との相対位置を修正して合わせる構成及び方法を提供する。

作 用

従来位置合わせマークを形成する際の非対称性については修正することができず、位置合わせは、位置合わせマークの非対称を含んだ状態で位置合わせされていたので、合わせ誤差が大きかった。本発明による上記手段を持つ露光装置は、位置合わせマークの非対称性について修正が可能であり、より高い精度の位置合わせを実現するものである。

実 施 例

本発明による光学系の実施例を第1図に示した。光源11から出た光(この図ではより鮮明な干渉性により深い焦点深度を得るために、レーザ光を想定した構成になっているが、全体の光学系は白色干渉光学系であり、水銀灯などのスペクトル光

させると縮小投影が可能となる。第1のフーリエ変換レンズの後側焦点面には、レチクル上のパターンの回折光(フーリエスペクトル)が空間的に分布しており、本発明の構成例においては、このフーリエ変換面に、空間フィルタ16を配置してスペクトル面でフィルタリングし、レチクル14上に形成されたパターンをスペクトル面でフィルタリングすることによってウェハ18面上に干渉縞を形成する。

第4図は本発明の露光装置に用いられるレチクルである。第4図aはレチクル14の平面図であり、第4図bはaのA-A線断面図である。レチクル14中には、回路パターン部42とその周辺部43から成り、周辺部43のスクライブラインにあたる部分に位置合わせ用格子パターン41、41'が形成されている。レチクル14には入射光44入射し、第4図bに示すように、パターン41内部では位相格子41パターンによって、0次、±1次、±2次……のように複数の回折光が回折される。パターン41を取り巻くしゃ断部43は

特開昭61-208220(4)

クロムや酸化クロム等の膜で形成されており、入射光44を、パターン41の内部のみ通過させている。

第4図の例においては、回折光を得るために位相格子パターン41を用いているが、この格子は振幅格子でもよく、入射光がななめから入射する場合にはニシエレット格子でもよい。

第5図はさらに本発明の露光装置の原理説明図である。光源11から出た波長 λ の光は、ビームエキスパンダ12によって拡大され、さらに照明光学系13を構成するコリメータレンズ21で所定の広がりを持つ平行光にされる。第1フーリエ変換レンズ16の前側焦点 f_1 の位置 x_1 にレチクル14上の位相格子パターン41を配置する。位相格子パターン41のピッチ P_1 と回折光の回折角 θ_1 は

$$P_1 \sin \theta_1 = m\lambda \quad (m=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

の関係がある。このように複数の光路に回折された光はフーリエ変換レンズ16に入射し、さらに後側焦点面に各々の回折光に相当するフーリエスペクト

ル像を結ぶ。一次の回折光のフーリエスペクトルに対応する座標 $f_{\theta 1}$ は

$$f_{\theta 1} = f_1 \sin \theta_1$$

$$P_1 \sin \theta_1 = \lambda$$

で示され、0次の回折光のフーリエスペクトル $f_{\theta 0}$

$$f_{\theta 0} = f_1 \sin \theta_0 = 0$$

とは完全に分離された状態でフーリエ変換面にフーリエスペクトル像を結ぶ。第1図に示したようにこのフーリエ変換面上に空間フィルタ15を配置し、第6図に示したように格子パターン41の0次および ± 2 次以上の回折光を遮断し、 ± 1 次回折光と開口パターン41のスペクトル(0次光成分を除く)を通過させる。この回折光は第2フーリエ変換レンズ17を通過し、さらにウエハ18W上に投影される。ウエハW上に投影された像は、レチクル上の開口部(パターン41)の像を大略結ぶとともに、格子パターン41の ± 1 次光成分同士が干渉して新たなピッチの干渉縞が形成される。ここで干渉縞のピッチ P_2 は、

$$P_2 = \frac{\lambda}{2 \sin \theta_2}$$

で与えられる。このとき、第2フーリエ変換レンズ17の前側焦点面に第1フーリエ変換レンズ16のフーリエ変換面を設定するので

$$f_1 \sin \theta_1 = f_2 \sin \theta_2 = f_{\theta 1}$$

の関係がある。

第1及び第2フーリエ変換レンズ16、17を通過した像の間には

$$P_2 = \frac{\lambda}{2 \sin \theta_2} = \frac{f_2 \lambda}{2 f_1 \sin \theta_1} = \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{P_1}{2} \dots \dots (1)$$

の関係がある。よって、ウエハW上に生成される干渉縞のピッチ P_2 は、 $f_1 = f_2$ のときはレチクル上の格子パターン41のピッチの半分となる。この干渉縞のピッチ P_2 にほぼ等しいピッチを持つウエハW上の格子Gに対して、光束111と112の光をそれぞれ照射すると、波面分割する格子Gによってそれぞれ回折された光が得られる。また、2光束111、112をウエハW上に同時に照射すると、干渉縞を生成し、さらに、この場合

ウエハW上の格子Gによって回折される光が各々干渉し、この干渉した光を光検出器Dで検出し、干渉縞と格子Gとの間の位置関係を示す光強度情報が得られる。

第6図の光検出器D上での観測される光強度Iは

$$I = u_A^2 + u_B^2 + u_A^* \cdot u_B + u_A \cdot u_B^*$$

ただし、 u_A, u_B は各々光束111、112の振幅強度 u_A^*, u_B^* は、共役複素振幅である。

$$u_A^2 = A^2 \left(\frac{\sin N \frac{\delta A}{2}}{\sin \frac{\delta A}{2}} \right)^2, u_B^2 = B^2 \left(\frac{\sin N \frac{\delta B}{2}}{\sin \frac{\delta B}{2}} \right)^2$$

$$u_A^* \cdot u_B + u_A \cdot u_B^* = 2 \cdot A \cdot B \cos \left\{ (N-1) \frac{\delta A - \delta B}{2} + Kx (\sin \theta_A - \sin \theta_B) \right\}$$

$$\times \frac{\sin N \frac{\delta A}{2}}{\sin \frac{\delta A}{2}} \cdot \frac{\sin N \frac{\delta B}{2}}{\sin \frac{\delta B}{2}}$$

(ただし、A、Bは定数、N：格子の数、 δA ,

特開昭61-208220(5)

θ_B は隣接した2格子によって回折された光の間の光路差、 x は光束111と光束112との干渉縞と格子との間の相対的位置関係、 θ_A, θ_B は光束111及び112とウェハの垂線とのなす角)として示される。

第7図に光束111と112の両方を同時にウェハの格子Gに照射したときの回折光の光強度Iの観測角度依存性を示した。生成した干渉縞のピッチを1 μ m、格子Gのピッチを2 μ mとした場合の図である。光強度の鋭いピークが現われるのは光強度Iで示されているように、干渉縞のピッチに対して格子Gのピッチが整数倍のときに限られている。そして、第8図において、観測角度を $-\pi/2 \sim \pi/2$ と変位させると9つのピークがあらわれ、 θ_2 のピークには、入射光111, 112の0次の回折光が重なる。 θ_4 のピークは干渉縞と格子のピッチが等しい場合の1次の回折光のピークに相当する。 $\theta_1 \sim \theta_5$ の各々のピークに干渉縞とウェハ上の格子Gとの間の位置情報が含まれている。

面に設置した反射鏡Mによって光検出器Dに回折光を選び出ている。

また、上記説明では入射光111に対応した回折光強度のみを考えたが、入射光112に対応した回折光強度も検出し、双方から別々に得られる格子の形状からさらに精密の高い形状を推定でき、干渉縞と格子との相対位置を補正して合わせを行なうことができる。

第9図には、格子に対して対称な形状を持つ格子(a)と非対称な形状を持つ格子(b)に対する干渉縞の位置合わせの状態の説明図である。格子の溝の形状については回折光強度を測定した結果の推定値でありこの値は設計等によって測定した溝形状に対して合わせ込まれている。格子の溝gが対称な場合は、(a)のように干渉縞Pの中心と格子溝gの中心が位置合わせされるが、(b)のように非対称の場合は、位置合わせの位置は設計時の位置HのセンターIからずれた位置Jに合うため、大きな合わせ誤差となる。第9図(b)では、各回折光強度の測定から推定した格子形状に対して補正する

各々のピークは、 $(-3, +5), (-2, +4), \dots, (+5, -3)$ の回折光の合成光強度として観測される。

第8図は、光束111の入射光のみを格子Gに入射したときの回折光の強度を示している。各々の回折光の強度は、格子Gの形状によって影響される。よってこの場合は逆に各格子Gからの回折光強度から、格子Gの形状 $f(x)$ が推定できる。

$$f(x) = \sum_{k=1}^N C_k \cos(2k-1) \theta_0 x \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 C_k は各次数の回折光強度から計算される係数。

k は回折光の次数、

θ_0 は格子の空間周波数、

格子ピッチ $P = 1/\theta_0$

として合成され、数々の回折光を分析することにより格子Gの形状は推定される。第9図には格子によって回折される光が再びレンズ17を通過しさらに、各次数に対応した回折光がフーリエ面において、フーリエスペクトル像を結び、フーリエ

ため正確な位置合わせを行なえる。また、補正のために移動した距離は光強度の変化量として検出できるので、モニタできる。よって、ステージの移動を正確に認識できる。

形状の推定に使用する信号は、たとえば、各次数の回折光強度を $I_0, I_{\pm 1}, I_{\pm 2}, \dots$ とすると $I_{\pm 1}/I_0, I_{\pm 2}/I_0, \dots, I_0$ で規格化した各次数の光強度の大きさを比較することによって、格子の形状を推定する。推定にあたっては、予め各工程において各次数の回折光強度と格子の形状について比較したデータベースと、実際に回折光を検出した値との比較から格子形状の非対称性を推定するので、検知する回折光は $I_0, I_{\pm 1}, I_{\pm 2}$ 強度の次数があれば充分形状を推定できる。この値から第2式の各次数の回折光から計算される係数 C_k を得て、 $f(x)$ を与えることができる。

次に補正値の入力については、格子の溝が非対称でディテクト位置がウェハに対して垂直の回折光(第8図の場合には左右±1次の光)を検出して干渉縞と格子を位置合わせするとき、第9図に

特開昭61-208220(6)

示したようにSに合う。このとき、予め推定した格子形状により、格子溝9の底の位置HのセンサTとSとの差を読み取り、補正値を入力する。補正値の大きさは、TとSの差から推定される値と、実際に工程を流して蓄積されたデータとを比較して決定する。この補正値に対して基板を移動し、高い精度の位置合わせを行なう。

発明の効果

本発明により、干渉縞を媒介としてレチクル上のパターンをウエハ上に高い精度で位置合わせし、さらに、ウエハ上に形成した格子の形状を推定し、形状が非対称である場合には位置の補正を行なってより高い精度の位置合わせを行なうことができる。

4. 図面の簡単な説明

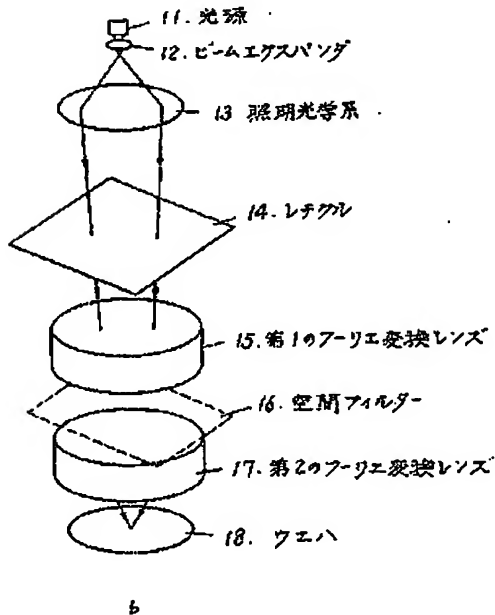
第1図は本発明による位置合わせの基本的な構想図、第2図は従来からの2重格子法による位置合わせの原理図、第3図は従来からのレチクルとウエハを干渉縞を用いて位置合わせする場合の構成図、第4図(a)は本発明によるレチクルの構成図、

第4図(b)は位置合わせ用格子の断面図、第5図は本発明による再回折光学系の原理図、第6図は本発明によるウエハ近傍の詳細図、第7図は2光束を入射したときの回折光の強度を示す図、第8図は2光束のうちの1光束のみを入射したときの回折光の強度を示す図、第9図(a)は本発明による格子の溝形状が対称である場合の干渉縞と溝の位置合わせ状態を示す図、第9図(b)は本発明による格子の溝形状が非対称である場合の干渉縞と溝の位置合わせ状態を示す図である。

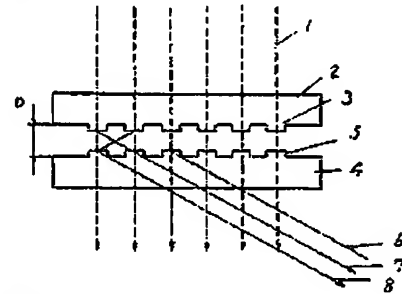
11……光源、12……照明光学系、13……照明光学系、14……レチクル、15、17……第1、第2のフーリエ変換レンズ、16……空間フィルタ、18……ウエハ、G……格子、D……光検出器。

代理人の氏名 弁護士 中 尾 敬 男 ほか1名

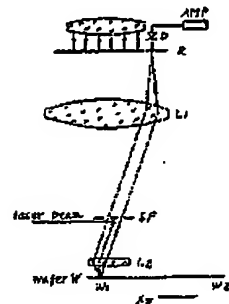
第 1 図



第 2 図



第 3 図



特開昭61-208220(8)

図 7

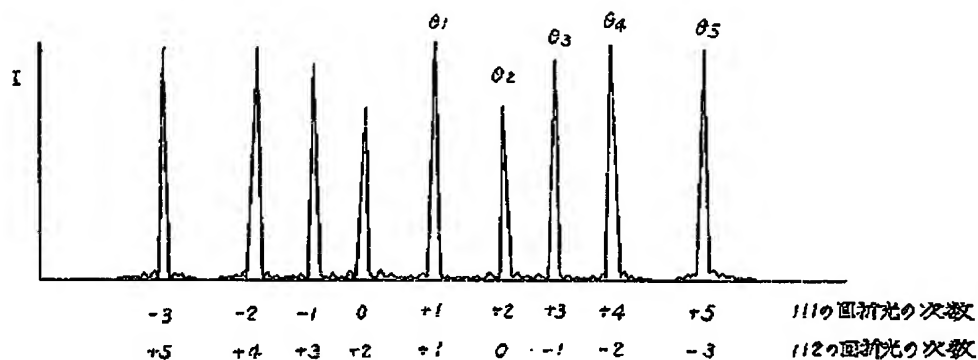


図 8

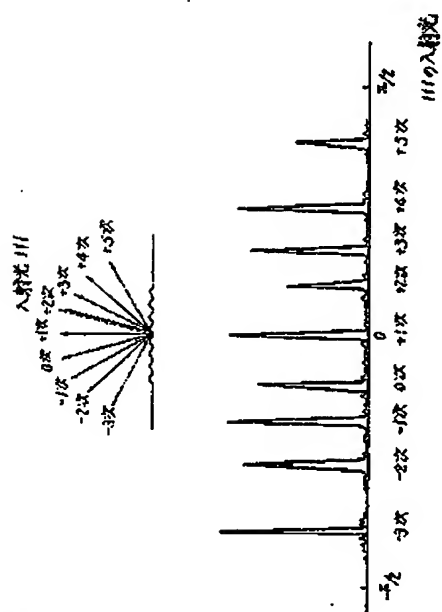


図 9

